

**SKENARIO PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN
BERDASARKAN EMISI RENDAH KARBON DI
DAERAH ALIRAN SUNGAI MAROS**

INAL KARIZAL
M 111 08 326



**PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Skenario Perubahan Penggunaan Lahan Berdasarkan Emisi Rendah Karbon di Daerah Aliran Sungai Maros

Nama Mahasiswa : Inal Karizal

Nomor Pokok : M 111 08 326

Skripsi ini Dibuat Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Kehutanan pada Program Studi Kehutanan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin

**Menyetujui:
Komisi Pembimbing**

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Roland A. Barkey
NIP. 19540614198103 1 007

Dr. Ir. Syamsuddin Millang, M.S
NIP. 19600617198601 1 002

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Kehutanan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin**

Dr. Ir. Beta Putranto, M.Sc
NIP. 19540418197903 1 001

Tanggal Pengesahan : Agustus 2013

ABSTRAK

Inal Karizal (M111 08 326). Skenario Perubahan penggunaan Lahan Berdasarkan Emisi Rendah Karbon di Daerah Aliran Sungai (DAS) Maros.

Penelitian bertujuan untuk Mengidentifikasi perubahan penggunaan lahan melalui interpretasi citra Landsat tahun 2006 dan 2011 di DAS Maros dan membuat arahan penggunaan lahan berbasis rendah emisi karbon (LUWES). Perhitungan tingkat emisi dianalisis melalui REDD Abacus S.P, dengan menggunakan empat jenis data yaitu landsat tahun 2006, citra landsat 2011, standar nilai karbon setiap penutupan/penggunaan lahan dan nilai manfaat ekonomi setiap penutupan/penggunaan lahan. Skenario simulasi didasarkan pada kelas kemampuan lahan dan zona pemanfaatan yang di *overlay* dengan penutupan /penggunaan lahan tahun 2011 melalui aplikasi GIS untuk mendapatkan hasil akhir berupa arahan perbaikan lahan yang dikategorikan menjadi 13 kelas penutupan/penggunaan lahan yaitu hutan primer, hutan sekunder kerapatan tinggi, hutan sekunder kerapatan rendah, hutan tanaman, hutan rakyat, agroforestry, pertanian, perkebunan, pemukiman, sawah, tambak dan tubuh air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan nilai emisi tahun 2011 mencapai 3,1 ton.CO₂-eq/(ha.tahun) dengan sekuetrasi 1,1 ton.CO₂-eq/(ha.tahun) sampai tahun 2031 mencapai 14,3 ton.CO₂-eq/(ha.tahun) dengan sekuetrasi 4,9 ton.CO₂-eq/(ha.tahun), sedangkan perubahan emisi setelah dilakukan skenario simulasi penutupan/penggunaan lahan tahun 2011 sampai 2031 sebesar 1.9 ton.CO₂-eq/(ha.tahun). Hal ini berbanding terbalik dengan nilai ekonomi masyarakat sebelum dan selah dilakukan skenario simulasi dari tahun 2011 sampai 2031 yakni 48.745,82 \$/(ha.tahun) dan 134.251,48 \$/(ha.tahun). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai yang dihasilkan berdasarkan REDD Abacus SP, mampu menurunkan emisi ditahun 2031 sebesar 12,37 ton CO₂-eq/(ha.tahun).

Kata kunci: SIG, REDD Abacus S.P., DAS Maros

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran **Allah SWT** atas segala nikmat dan rahmatNya sehingga penyusunan skripsi dengan judul “*Skenario Perubahan penggunaan Lahan Berdasarkan Emisi Rendah Karbon di Daerah Aliran Sungai (DAS) Maros*”, dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapat kesulitan. Tanpa bantuan dan petunjuk dari berbagai pihak, maka penyusunan skripsi ini tidak akan selesai dengan baik. Untuk itu, dengan penuh kerendahan hati menghaturkan terimah kasih kepada **Dr. Ir. Roland A. Barkey** dan **Dr. Ir. Syamsuddin Millang, M.S.** selaku pembimbing yang dengan sabar telah mencurahkan tenaga, waktu dan pikiran dalam mengarahkan dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga **Allah SWT** senantiasa memberikan limpahan berkah dan hidayahNya kepada beliau berdua.

Melalui kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terimah kasih dan penghargaan kepada:

1. **Bapak Prof.Dr.H. Yusran jusuf,S.Hut.,M.Si., Dr.Ir.H.Anwar Umar,M.S.** dan **Andang Suryana soma,S.Hut.,M.P** selaku penguji yang telah memberikan saran, bantuan dan kritik guna perbaikan skripsi ini.
2. Ketua Jurusan kehutanan Bapak **Dr.Ir. Beta Putranto, M.Sc** dan sekretaris Jurusan Bapak **Ir. Budirman Bachtiar, M.S** serta Bapak/ibu Dosen dan seluruh Staf Administrasi Kehutanan atas bantuannya selama penulis berada di Fakultas kehutanan Universitas hasanuddin.

3. Masyarakat pada wilayah DAS Maros atas kerjasamanya dalam proses pengumpulan data di lapangan
4. Teman seperjuangan di Lab Perencanaan dan Sistem Informasi Kehutanan (**Rusman Apra**) yang dengan sabar mendampingi penulis dilokasi penelitian, serta teman-teman lab yang membantu dalam penyusunan skripsi ini.
5. Sahabat-sahabat terbaik penulis **LD muh.Harif, La Ode Almanaf dan Surti Kahi** yang memberikan bantuan serta support dalam penyusunan skripsi ini.
6. Teman-teman angkatan 2008 (**Icha, Afif, Ode, Adi M**) serta **Forzeight** tanpa terkecuali atas kebersamaan kita selama ini, sukses selalu buat kita semua.
7. **Teman-teman seperjuangan, Kakanda dan Adinda di Pandu Alam Lingkungan (PAL)** yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu, atas kebersamaan dan mendukung dalam penyusunan skripsi ini.
8. Saudara-saudara di organisasi **Persaudaraan Setia Hati Terate (PSHT)** dan **Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Pencak Silat** yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu, atas kebersamaan serta doa dan dukungannya selama ini.

Terkhusus, sembah sujud dan hormat penulis haturkan kepada Ayahanda dan Ibunda tercinta **La Ode Undu** dan **Alima** Serta saudara-saudaraku **Anuraini,S.P., Imran Karizal,A.Md., Ilham karizal,A.Md.** dan **Iktaba karizal (Almarhum)** yang telah mencurahkan kasih sayang, perhatian, pengorbanan, doa dan motivasi yang kuat serta segala jerih payahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Dengan segala kerendahan hati penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih akan ditemukan berbagai kekurangan. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran demi penyempurnaan skripsi ini.

Akhir kata, Penulis mengucapkan semoga skripsi ini dapat bermanfaat sebagaimana mestinya. Sekian dan terima kasih.

Makassar, Agustus 2013

Penulis

DAFTAR ISI

	Halamanan
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan dan Kegunaan	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Perubahan Iklim dan Pemanasan Global.....	4
B. Cadangan Karbon pada Sistem Penggunaan Lahan	8
C. Hutan Sebagai Penyerapan Karbon.....	10
D. Penaksiran Potensi karbon	11
E. Daerah Aliran Sungai	16
F. Pengindraan Jauh dan Intreprestasi Citra	18
G. Land Use Planning for Low Emission Development Strategy	berbasis
Sistem Informasi Geografis	19

H. Evaluasi Kemampuan Lahan untuk Arahannya Penggunaan	Lahan
.....	21
I. Skenario	23
III. METODE PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat	25
B. Alat dan Bahan Penelitian	25
C. Pendekatan dan Jenis Penelitian	26
D. Sumber Data	27
E. Metode Pelaksanaan	27
F. Prosedur Analisis Data	29
G. Kerangka Operasional	38
IV. KEADAAN UMUM LOKASI PENELITIAN	
A. Letak dan Luas	39
B. Topografi	39
C. Iklim	40
D. Geologi dan Tanah	42
E. Zona Pemanfaatan	43
F. Kependudukan	44
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Analisis Spasial Perubahan Penutupan/Penggunaan	Lahan
dan Faktor Emisi yang Ditimbulkan	45
1. Penutupan/Penggunaan Lahan DAS Maros	tahun
2006	45

2. Penggunaan Lahan/penggunaan Lahan DAS Maros tahun 2011.....	48
3. Faktor Emisi yang Dihasilkan.....	51
B. Cadangan Karbon Aktual	52
C. Nilai Manfaat Ekonomi	53
D. Skenario Pengurangan Emisi Perubahan Penggunaan Lahan	55
1. Skenario Penurunan Emisi	55
2. Nilai Cadangan Karbon setelah Rehabilitasi Penutupan/penggunaan Lahan	58
3. Nilai Estimasi Emisi dan Manfaat Ekonomi	60
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	
A. KESIMPULAN	63
B. SARAN	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN.....	68

DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
1.	Gambar Proses Pemanasan Global.....	4
2.	Peta Lokasi Penelitian DAS Maros.....	25
3.	rumus NPV.....	28
4.	Kerangka atua Alur Penelitian	38
5.	Grafik rata-rata curah hujan bulanan tahun 2001-2010.....	41
6.	Peta Penutupan/Penggunaan Lahan DAS Maros tahun2006 ...	46
7.	Peta Penutupan/Penggunaan Lahan DAS Maros tahun2011 ...	49
8.	Perubahan tingkat emisi dari aktivitas berbasis lahan.....	57

DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
1.	Sitem Penggunaan Lahan	8
2.	Jenis tutupan lahan dan nilai rata-rata cadangan Karbon	15
3.	Sitem Penutupan/Penggunaan Lahan	29
4.	confusion matriks	31
5.	Jenis tutupan/penggunaan lahan dan nilai rata-rata cadangan Karbon	32
6.	Jenis Penutupan Lahan dan Nilai rata-rata NPV	32
7.	Skenario Penutupan/penggunaan Lahan di Dasarkan pada Kelas Kemampuan Lahan	35
8.	Nama Kabupaten beserta luasnya pada wilayah DAS Maros	39
9.	Kemiringan Lereng DAS Maros	40
10.	Jumlah bulan Basah, Bulan Kering dan Bulan Lembab selama 10 Tahun terakhir pada DAS Maros	41
11.	Jenis Tanah beserta Luasnya pada wilayah DAS Maros	42
12.	Fungsi Kawasan Hutan beserta Luasnya pada wilayah DAS Maros	43
13.	Jumlah Penduduk DAS Maros	44
14.	Luas Dan Presentase Penutupan / Penggunaan Lahan Tahun 2006 pada DAS Maros	47
15.	Luas dan presentase penutupan / penggunaan lahan tahun 2011 pada DAS Maros	50

No.	Judul	Halaman
16.	Perubahan nilai Emisi tahun 2006-2011	52
17.	Nilai cadangan karbon Penutupan/penggunaan Lahan 2011 .	52
18.	Nilai manfaat ekonomi (NPV)	54
19.	Penaksiran cadangan karbon hasil scenario	59
20.	Simulasi Estimasi Emisi sebelum dilakukan Skenario Penutupan / penggunaan Lahan	60
21.	Biaya Manfaat Ekonomi sebelum dilakukan Skenario Perubahan penutupan / penggunaan lahan	61
22.	Simulasi Estimasi emisi setelah dilakukan Skenario Penutupan / penggunaan Lahan.....	61
23.	Biaya Manfaat Ekonomi setelah dilakukan Skenario Perubahan penutupan / penggunaan lahan	62

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
1.	Tabel Perubahan Penggunaan lahan dari tahun 2006 ke tahun 2011 dalam satuan hektar (ha)	68
2.	Confusion Matriks (Uji Akurasi)	70
3.	Data curah hujan rata-rata	76
4.	Kosioner untuk Responden	77
5.	Matriks Skenario Perubahan Penggunaan Lahan dalam penurunan Emisi.....	79
6.	Perubahan penutupan/penggunaan lahan dalam setiap penutupan/penggunaan lahan (Skenario Simulasi)	85
7.	Tabel Simulasi REL Historical	86
8.	Peta-Peta	87

BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Secara umum hutan merupakan sumber kehidupan. Hutan sangat berperan aktif dalam menyediakan unsur-unsur yang dibutuhkan manusia, baik secara langsung maupun tidak langsung. Hutan berperan dalam menghasilkan kayu dan hasil hutan bukan kayu serta satwa yang dapat dimanfaatkan oleh manusia, pengaturan tata air dan iklim, mencegah banjir, mengendalikan erosi, mengatur kesuburan tanah serta sebagai penyerapan karbon.

Tekanan lokal muncul dari masyarakat yang memanfaatkan hutan sebagai sumber bahan baku, bahan pangan, bahan bakar, dan lahan pertanian mempunyai adil dalam mendukung perekonomian masyarakat. Disisi lain meningkatnya pertanian, mendorong pemanfaatan lahan yang lebih besar sehingga berpotensi meningkatkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK).

Pemanasan global (*global warming*) dikarenakan peningkatan konsentrasi GRK yang pada dasarnya merupakan fenomena kenaikan rata-rata suhu permukaan dari tahun ke tahun yang salah satu aspek kunci perubahan iklim. Bumi saat ini berada pada kondisi yang mengkhawatirkan sehingga emisi GRK harus dikendalikan. Untuk itu diperlukan upaya-upaya untuk membantu manusia dalam mengelola dampak perubahan iklim dan melindungi sumber penghasilan dan mata pencaharian mereka (strategi adaptasi) serta mengatasi sumber atau penyebab (mitigasi) perubahan iklim. Hal ini sesuai dengan komitmen Indonesia untuk mengurangi emisi sebanyak 26% sampai 41% melalui kegiatan rehabilitasi hutan dan lahan.

Dengan adanya peningkatan emisi karbondioksida (gas rumah kaca) akibat deforestasi dan degradasi hutan serta adanya upaya mitigasi melalui upaya konservasi dan pembangunan hutan melalui rehabilitasi lahan kritis, maka perhitungan hutan perlu dilakukan untuk menyusun strategi dalam rangka pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK). Informasi persediaan karbon hutan secara spasial memegang peranan penting dalam memantau perubahan stok karbon baik karbon yang hilang akibat deforestasi dan degradasi hutan ataupun penambahan karbon akibat reforestasi melalui kegiatan penghijauan lahan kritis (Faisal, 2012).

Daerah Aliran Sungai (DAS) Maros terletak pada beberapa Kabupaten yaitu Maros, Makassar dan Gowa. Secara administrasi, terletak pada 119⁰30'0" BT sampai 119⁰55'0" BT dan 5⁰0'0" LS sampai 5⁰10'0" LS. DAS Maros memiliki wilayah DAS dengan luasan tangkapan 645 Km² dan panjang 82 Km² (Achmad dkk, 2012) dan merupakan salah satu wilayah yang dijadikan sebagai pintu gerbang yang masuk Kawasan Strategis Nasional (KSN) Metropolitan MAMINASATA (Makassar, Maros, Sungguminasa dan Takalar) yang diarahkan sebagai pusat pertumbuhan dan pelayanan kawasan Indonesia bagian timur berskala internasional. Sehingga dapat diperkirakan akan menghasilkan emisi gas rumah kaca yang tinggi. Oleh karena itu, untuk mengurangi GRK yaitu dengan menanggulangi deforestasi dan mengoptimalkan pemanfaatan lahan, perlu direncanakan melalui LUWES (*Land Use Planning for Low Emission Development Strategy*).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan cadangan dan serapan karbon pada wilayah DAS di Kabupaten Maros setelah dilakukan integrasi antara data spasial tutupan lahan hasil penafsiran citra satelit dengan data inventarisasi pada plot contoh di lapangan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan perubahan nilai ekonomi melalui arahan perbaikan lahan menggunakan LUWES (REDD Abacus SP).

B. Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

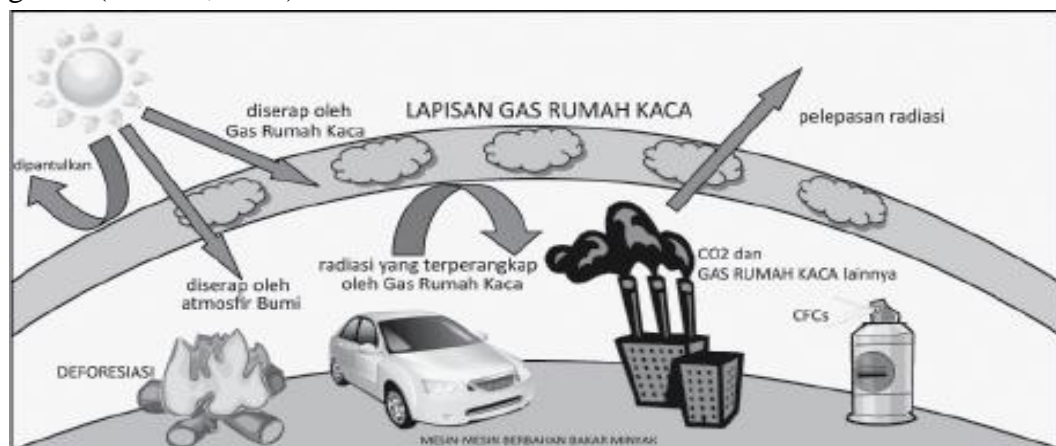
- a) Mengidentifikasi perubahan penggunaan lahan melalui interpretasi citra Landsat tahun 2006 dan 2011 di DAS Maros.
- b) Membuat arahan penggunaan lahan berbasis rendah emisi karbon (LUWES).

Kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai bahan masukan dalam penyusunan dan pelaksanaan Rencana Aksi Daerah penurunan emisi gas rumah Kaca (GRK) bidang penggunaan lahan di DAS Maros.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Perubahan Iklim dan Pemanasan Global

Bumi, seperti yang kita ketahui, beredar mengelilingi matahari. Mataharilah yang memanaskan udara yang melingkupi bumi, dan menyebabkan terjadinya berbagai iklim di daerah yang berbeda. Udara yang melingkupi bumi disebut atmosfer dan terdiri dari campuran berbagai gas. Beberapa dari gas-gas ini menimbulkan dampak besar terhadap iklim kita, dan gas-gas inilah yang secara khusus menjadi pusat perhatian kita di sini. Gas-gas ini disebut 'gas rumah kaca' (GRK) karena mereka bertindak seperti dinding kaca pada rumah kaca, yang mengijinkan sinar matahari masuk, memantulkan kembali radiasi berbahaya dari matahari dan menyimpan kehangatan di dekat permukaan bumi, dan membuat bumi tempat yang dapat kita huni sekarang. Sebagian panas dari matahari yang dipantulkan oleh gas rumah kaca dan oleh bumi kembali ke luar angkasa. Sebagian terperangkap oleh gas rumah kaca dan tertahan di atmosfer, menjadikan bumi hangat, proses alam ini disebut efek rumah kaca. Karena manusia dan kegiatannya melepas lebih banyak karbon dioksida dan gas-gas rumah kaca lainnya ke atmosfer, efek rumah kaca semakin kuat. Akibatnya adalah pemanasan global (Soriano, 2010).



Gambar 1. Proses pemanasan global (Soriano, 2010)

Perubahan iklim dicirikan adanya beberapa fenomena seperti berubahnya nilai rata-rata atau median dan keragaman unsur iklim. Dalam kasus ini misal telah terjadi kenaikan dari data suhu dalam jangka panjang dan ada kecenderungan naik dari waktu ke waktu, maka dapat dikatakan perubahan iklim telah terjadi. Cara lain dalam pengamatan suhu ini juga dapat dilihat dari fenomena hilangnya lapisan es di wilayah kutub. Selain suhu udara yang meningkat, ada dua indikator lain dari perubahan iklim yakni perubahan pola curah hujan dan kenaikan paras muka air laut (*sea level rise*) (Adibroto, 2011).

Menurut Soriano (2010), perubahan iklim akan atau telah mulai mempengaruhi masyarakat adat di semua aspek kehidupan:

1. Banjir besar, badai kencang, siklon dan taifun dan topan badai menimbulkan kehancuran pada infrastruktur (rumah, jembatan, jalan, jaringan listrik, dsb.) atau pada lahan pertanian, ladang, ternak, hutan, lautan dan sumber daya pesisir yang menyebabkan penurunan pendapatan dan kekurangan makanan. Contoh-contoh paling baru adalah longsor besar di wilayah Cordillera di Filipina atau banjir di India Selatan.
2. Perubahan iklim juga menimbulkan hilangnya sumber air bersih dan meningkatnya mikroorganisme dan parasit dalam air yang membuat kita sakit. Sebagian besar perempuan dan anak-anak adat menghadapi risiko penurunan kesehatan dan kematian.
3. Kekeringan serta banjir yang lebih sering dan berkepanjangan menyebabkan punahnya tanaman dan hewan yang penting sebagai sumber makanan atau penting bagi kehidupan ritual adat kita.

4. Musim dingin yang ekstrim dan belum pernah terjadi serta hujan dan kelembaban yang berkepanjangan dapat menimbulkan berbagai masalah kesehatan seperti hypothermia, bronchitis dan pneumonia, terutama di kalangan orang tua dan anak-anak. Beban perawatan keluarga yang sakit umumnya terletak di tangan perempuan, yang membuat mereka tidak dapat ikut serta menikmati peluang-peluang sosiopolitis atau memperhatikan pengembangan diri mereka.
5. Turunnya permukaan air tanah, kekeringan yang berkepanjangan, penandusan (*desertification*) atau intrusi air laut ke wilayah pesisir menyebabkan hilangnya lahan pertanian dan akibatnya timbul lebih banyak kelaparan dan pemiskinan. Kerawanan air dan pangan semakin buruk. Sebagai pengumpul air, perempuan adat harus menghadapi konflik perebutan sumber air.
6. Di luar pertanian, banyak pekerjaan tradisional seperti berburu dan mengumpulkan hasil hutan, ternak, menangkap ikan, mengumpulkan tanaman liar atau pekerjaan lain terkait penanganan lahan akan hilang akibat perubahan iklim.
7. Dampak negatif terhadap sumber daya tradisional dan lingkungan di mana mereka berada juga berarti hilangnya pengetahuan, inovasi dan kearifan tradisional yang terkait dengan sumber penghidupan dan lingkungan ini. Kapasitas perempuan kita untuk melakukan perannya sebagai ibu rumah tangga dan penerus budaya dan bahasa, antara lain, juga akan musnah.
8. Hilangnya sumber pendapatan dan peluang ekonomi di wilayah kita dan bersama dengan itu hilangnya praktek budaya tradisional yang terkait

dengannya diperkirakan akan sangat melemahkan masyarakat kita. Akibatnya, semakin banyak dari kita yang akan meninggalkan komunitas untuk mencari peluang ekonomi di lain tempat. Perpindahan generasi muda dan kepala keluarga selanjutnya akan membatasi peluang dan kapasitas kita untuk menghadapi dampak perubahan iklim. Hal ini akan menyebabkan terjadinya erosi ekonomi adat dan musnahnya budaya kita. Dan kaum perempuanlah yang akan menanggung tanggung jawab yang berat untuk mempertahankan kelangsungan keluarga masing-masing.

9. Semakin banyak anggota masyarakat kita akan berakhir sebagai pengungsi lingkungan karena tanah kita telah tenggelam atau hancur akibat longsor.

Perubahan iklim mengakibatkan pola hujan menjadi sulit untuk diprediksi, kondisi cuaca ekstrem, intensitas hujan tinggi dengan periode waktu yang singkat serta musim kemarau yang panjang. Tingginya curah hujan menyebabkan terjadinya musibah banjir melanda areal tanaman pertanian yang cukup luas sehingga dapat mengancam kegagalan panen. Pola perubahan musim mulai tidak beraturan sejak 1991, yang akan memberikan dampak negatif terhadap produksi pertanian. Terjadinya perubahan pola hujan menjadikan petani sulit untuk menentukan waktu tanam, apakah bulan sudah memasuki musim penghujan atau masih musim kemarau, demikian pula sebaliknya. Hal ini berimbas pada kesulitan petani untuk menentukan jenis tanaman yang akan ditanam (Adibroto, 2011).

B. Cadangan Karbon pada Sistem Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan (*land use*) adalah setiap bentuk campur tangan (intervensi) manusia terhadap lahan dalam rangka memenuhi kebutuhan hidupnya baik material maupun spiritual (Vink, 1975). Penggunaan lahan dapat dikelompokkan ke dalam dua kelompok besar yaitu (1) penggunaan lahan pertanian dan (2) penggunaan lahan bukan pertanian (Siswanto, 2006).

Tabel 1. Sitem Penggunaan Lahan

No.	PENGGUNAAN LAHAN	KETERANGAN
1	Hutan Primer	Hutan alami yang belum ditebang atau dirambah
2	Hutan Sekunder Kerapatan Tinggi	Hutan yang sudah dirambah dengan kerapatan kayu yang masih tinggi
3	Hutan Sekunder Kerapatan Rendah	Hutan yang sudah dirambah dengan kerapatan kayu keras yang sudah jarang
4	Wanatani Kayu Manis	Wanatani/campur sari berbagai jenis pohon dengan tanaman utama berupa kayu manis
5	Wanatani Kopi	Wanatani/campur sari berbagai jenis pohon dengan tanaman utama berupa kopi
6	Wanatani Karet	Wanatani/campur sari berbagai jenis pohon dengan tanaman utama berupa karet
7	Perkebunan Kayu Manis	Perkebunan yang hanya ditanami satu jenis tanaman (kayu manis).
8	Perkebunan Karet	Perkebunan yang hanya ditanami satu jenis tanaman (karet).
9	Perkebunan Akasia	Perkebunan yang hanya ditanami satu jenis tanaman (akasia).
10	Kelapa Sawit	Perkebunan kelapa sawit yang dikelola oleh perusahaan dan oleh masyarakat
11	Belukar	Sisa-sisa pohon dan rerumputan yang merupakan sisa aktifitas penebangan hutan atau terjadinya pertumbuhan kembali dari lahan kosong-rumput menjadi lahan bervegetasi.
12	Rerumputan	Dominasi tanaman rumput pendek pada suatu bentang lahan
13	Sawah	Areal lahan yang dimanfaatkan untuk tanaman padi
14	Tanaman Semusim	Areal lahan lain yang dimanfaatkan untuk berbagai komoditas tanaman semusim
15	Permukiman	Semua bentuk penggunaan yang menandai

No.	PENGGUNAAN LAHAN	KETERANGAN
		adanya fasilitas permukiman (tempat tinggal, gedung, perkantoran, areal survey)
16	Lahan Kosong	Areal lahan yang belum dimanfaatkan untuk berbagai aktifitas dan merupakan tanah terbuka.

Sumber Dewi, dkk. 2011

Karbondioksida adalah gas rumah kaca utama dan sumber utamanya adalah pembakaran bahan bakar asal fosil seperti minyak bumi, gas bumi atau batubara yang kita gunakan untuk menjalankan mesin misalnya mesin mobil dan untuk menghasilkan energi. Bahan bakar asal fosil disebut demikian karena mereka berasal dari pembusukan, penguburan dan pemadatan vegetasi di atas tanah dan organisme laut di dasar laut dan terbentuk lewat proses jutaan tahun. Sumber utama karbon lainnya adalah akibat penghancuran atau perusakan hutan (Soriano, 2010).

Adanya perubahan tutupan lahan di suatu wilayah dapat mengindikasikan dinamika cadangan karbon di wilayah tersebut. Misalnya, aktivitas konversi hutan menjadi bentuk penggunaan lahan lainnya menyebabkan terjadinya penurunan jumlah cadangan karbon. Kuantifikasi perubahan lahan yang terjadi dalam satu rentang waktu, dapat dilakukan dengan menganalisa citra satelit (misalnya Landsat) dari waktu pengambilan yang berbeda, yang didukung oleh peta tutupan lahan, topografi, tanah dan sebagainya (Hairiah. dkk, 2011).

Cadangan karbon pada berbagai kelas penutupan lahan di hutan alam berkisar antara 7,5 – 264,70 ton C/ha. Secara umum pada hutan lahan kering primer mampu menyimpan karbon dalam jumlah lebih besar dibandingkan dengan hutan lahan kering sekunder karena pada hutan sekunder telah terjadi gangguan

terhadap tegakannya. Kebakaran, ekstraksi kayu, pemanfaatan lahan untuk bercocok tanam dan kejadian atau aktivitas lainnya di kawasan hutan yang menyebabkan berkurangnya potensi biomassa yang berindikasi langsung terhadap kemampuannya menyimpan karbon. Pola tersebut juga terjadi pada hutan rawa primer dan hutan rawa sekunder. Selanjutnya pada hutan lahan kering relatif memiliki kemampuan menyimpan karbon dalam jumlah lebih besar daripada hutan rawa dan mangrove karena kemampuannya dalam membangun tegakan yang tinggi dan berdiameter besar sebagai tempat menyimpan karbon (Masripatin, dkk, 2010).

C. Hutan Sebagai Penyerapan Karbon

Hutan bermanfaat sebagai penyerap karbon dioksida (CO₂) serta penghasil oksigen (O₂). Ketika hutan ditebang, biomassa yang tersimpan di dalam pohon akan terurai dan melepaskan gas karbon dioksida (CO₂) sehingga menyebabkan peningkatan konsentrasi Gas Rumah Kaca (GRK) di atmosfer. Atmosfer yang pekat dengan karbon dioksida mampu memerangkap panas yang dipancarkan permukaan bumi. Dengan jumlah kontribusinya yang melebihi 55 persen terhadap pemanasan global, emisi CO₂ akibat pengaruh aktivitas manusia mendapat perhatian yang besar (Sumargo, dkk, 2011).

Kemampuan hutan dalam menyerap dan menyimpan karbon tidak sama baik di hutan alam, hutan tanaman, hutan payau, hutan rawa maupun di hutan rakyat tergantung pada jenis pohon, tipe tanah dan topografi. Oleh karena itu, informasi mengenai cadangan karbon dari berbagai tipe hutan, jenis pohon, jenis tanah dan topografi di Indonesia sangat penting (Masripatin, dkk 2010).

Marispatin,dkk (2010) menyatakan bahwa kemampuan hutan tanaman dalam menyimpan karbon lebih rendah dibandingkan hutan alam. Pada hutan tanaman didominasi oleh tanaman yang cenderung monokultur dan tanaman berumur muda. Kemampuan hutan tanaman dalam menyimpan karbon tersebut akan dipengaruhi oleh jenis yang ditanam, kondisi tempat tumbuh dan teknik silvikultur atau intensitas pemeliharannya. Selanjutnya pada hutan lahan kering relatif memiliki kemampuan menyimpan karbon dalam jumlah lebih besar daripada hutan rawa dan mangrove karena kemampuan dalam membangun tegakan yang tinggi dan berdiameter besar sebagai tempat penyimpanan karbon.

D. Penaksiran Potensi karbon

Menurut Hairiah,dkk (2011) Pada ekosistem daratan, cadangan karbon disimpan dalam 3 komponen pokok,yaitu:

1. Bagian hidup (biomasa): masa dari bagian vegetasi yang masih hidup yaitu batang, ranting dan tajuk pohon (berikut akar atau estimasinya), tumbuhan bawah atau gulma dan tanaman semusim.
2. Bagian mati (nekromasa): masa dari bagian pohon yang telah mati baik yang masih tegak di lahan (batang atau tunggul pohon), kayu tumbang/tergeletak di permukaan tanah, tonggak atau ranting dan daun-daun gugur (seresah) yang belum terlapuk.
3. Tanah (bahan organik tanah): sisa makhluk hidup (tanaman, hewan dan manusia) yang telah mengalami pelapukan baik sebagian maupun seluruhnya dan telah menjadi bagian dari tanah. Ukuran partikel biasanya lebih kecil dari 2 mm.

Berdasarkan keberadaannya di alam, ketiga komponen karbon tersebut dapat dibedakan menjadi 2 kelompok yaitu:

a. Karbon di atas permukaan tanah, meliputi:

- *Biomasa pohon*. Proporsi terbesar cadangan karbon di daratan umumnya terdapat pada komponen pepohonan. Untuk mengurangi tindakan perusakan selama pengukuran, biomasa pohon dapat diestimasi dengan menggunakan persamaan allometrik yang didasarkan pada pengukuran diameter batang (dan tinggi pohon, jika ada).
- *Biomasa tumbuhan bawah*. Tumbuhan bawah meliputi semak belukar yang berdiameter batang < 5 cm, tumbuhan menjalar, rumput-rumputan atau gulma. Estimasi biomasa tumbuhan bawah dilakukan dengan mengambil bagian tanaman (melibatkan perusakan).
- *Nekromasa*. Batang pohon mati baik yang masih tegak atau telah tumbang dan tergeletak di permukaan tanah, yang merupakan komponen penting dari C dan harus diukur pula agar diperoleh estimasi cadangan karbon yang akurat.
- *Seresah*. Seresah meliputi bagian tanaman yang telah gugur berupa daun dan ranting-ranting yang terletak di permukaan tanah.

b. Karbon di dalam tanah, meliputi:

- *Biomasa akar*. Akar mentransfer karbon dalam jumlah besar langsung ke dalam tanah, dan keberadaannya dalam tanah bisa cukup lama. Pada tanah hutan biomasa akar lebih didominasi oleh akar-akar besar (diameter > 2 mm), sedangkan pada tanah pertanian lebih didominasi oleh akar-akar

halus yang lebih pendek daur hidupnya. Biomasa akar dapat pula diestimasi berdasarkan diameter akar (akar utama), sama dengan cara untuk mengestimasi biomasa pohon yang didasarkan pada diameter batang.

- *Bahan organik tanah.* Sisa tanaman, hewan dan manusia yang ada di permukaan dan di dalam tanah, sebagian atau seluruhnya dirombak oleh organisme tanah sehingga melapuk dan menyatu dengan tanah, dinamakan bahan organik tanah.

Mugiono (2009), Menyatakan bahwa IPCC telah mengeluarkan petunjuk (*guideline*) untuk inventarisasi penaksiran potensi karbon berbagai skala yang berbeda. Rangkuman berbagai metode untuk mengestimasi cadangan karbon hutan di wilayah tropis dengan tingkat akurasi yang berbeda-beda, adalah sebagai berikut:

- a. Penaksiran berbasis *survey* lapangan pengukuran langsung dalam kegiatan inventarisasi hutan dan penilaian langsung biomassa melalui penebangan/pemanenan yang bersifat merusak, sangat dibutuhkan untuk meningkatkan akurasi penaksiran potensi karbon hutan. Pengukuran diameter setinggi dada (DBH) atau yang dikombinasikan dengan tinggi pohon dapat dikonversi menjadi potensi karbon hutan dengan menggunakan hubungan alometrik. Untuk mengembangkan hubungan alometrik secara spesifik biayanya sangat mahal dan memakan waktu lama harus melakukan pemanenan yang bersifat merusak pada sejumlah besar pohon-pohon contoh.

- b. Penaksiran berdasarkan data inventarisasi kayu yang sudah ada untuk mengetahui potensi karbon pohon pada suatu areal tersebut. Caranya yaitu dengan menaksir volume kayu untuk masing-masing pohon yang telah diinventarisasi menggunakan suatu persamaan volume, kemudian mengkonversi volume kayu menjadi biomasa kayu dengan menggunakan bert jenis kayu. Tahap selanjutnya yaitu mengkonversi nilai biomassa kayu menjadi biomassa pohon total dengan menggunakan suatu nilai konstanta *biomassa expansion factor* (BEF).
- c. Menggunakan data pengindraan jauh (*remote sensing*). Potensi karbon hutan dapat juga ditaksir dengan menggunakan instrumen-instrumen pengindraan jauh, walaupun tidak ada satupun pengindraan jauh yang dapat mengukur potensi karbon hutan secara langsung, sehingga tetap memerlukan pengecekan/ pengukuran di lapangan. Dengan adanya satu pendekatan sampling bisa digunakan untuk menaksir potensi karbon hutan pada seluruh areal.

Model persamaan pendugaan biomassa pohon hutan secara individu telah menjadi bagian penting dalam menghitung kandungan karbon komunitas hutan. Kandungan karbon hutan perlu diketahui dari berbagai tipe tapak, umur dan tipe hutan. Masing-masing komunitas hutan alam akan memiliki kandungan karbon berbeda-beda yang dipengaruhi oleh sifat jenis, tipe iklim, faktor edafis, dan kondisi ekologis dimana hutan tersebut tumbuh. Pengetahuan kandungan karbon hutan saat ini sangat diperlukan untuk mendata secara kuantitatif jumlah karbon baik yang diserap oleh hutan (*Carbon sink*) maupun yang diemisikan (*Carbon*

source) karena hutan dapat berfungsi baik sebagai *sink* maupun *source* (Kementrian Kehutanan, 2011).

Tabel 2. Jenis tutupan lahan dan nilai rata-rata cadangan Karbon

No.	Jenis Tutupan Lahan	Cadangan Karbon (ton/ha)
1.	Hutan primer	261,52
2.	Hutan sekunder kerapatan tinggi	192,81
3.	Hutan sekunder kerapatan rendah	129,97
4.	Hutan rawa primer	193,20
5.	Hutan rawa sekunder	141,30
6.	Hutan rawa primer di gambut	193,20
7.	Hutan rawa sekunder di gambut	141,30
8.	Hutan mangrove primer	142,60
9.	Hutan mangrove sekunder	57,50
10.	Wanatani karet	69,00
11.	Wanatani kopi	27,90
12.	Perkebunan akasia	57,90
13.	Karet	40,50
14.	Kelapa sawit	40,00
15.	Kelapa-pinang	31,80
16.	Belukar	43,00
17.	Rerumputan	3,35
18.	Tanaman pertanian	9,50
19.	Padi sawah	0,99
20.	Lahan kosong	3,35
21.	Permukiman	4,14
22.	Wanatani karet di gambut	58,00
23.	Wanatani kopi di gambut	26,00
24.	Perkebuna akasia di gambut	51,60
25.	Karet monokultur di gambut	40,50
26.	Kelapa sawit di gambut	38,60
27.	Kelapa + pinang di gambut	31,80
28.	Belukar di gambut	43,00
29.	Tanaman pertanian di gambut	9,50
30.	Padi sawah di gambut	0,99
31.	Rerumputan di gambut	3,56
32.	Lahan kosong di gambut	3,35
33.	Permukiman di gambut	4,14

Sumber Dewi, dkk. 2011

Menurut Kementrian Kehutanan (2010), Penghitungan emisi dapat dilakukan dengan menghitung perbedaan cadangan karbon (*carbon stock*) pada waktu tertentu (*stock difference method*). Perbedaan cadangan karbon tersebut menunjukkan terjadinya pengurangan atau penambahan stok (emisi atau sink). Untuk pengukuran karbon di tingkat sub-nasional atau skala proyek REDD+, dilakukan melalui kombinasi pengukuran karbon di lapangan (*ground survey*) dan remote sensing.

Menurut Brown (1997) secara umum terdapat dua metode yang dapat digunakan dalam pendugaan biomassa pohon, yaitu:

1. Penggunaan faktor konversi biomassa, atau yang dikenal sebagai *biomass expansion factor* (BEF). Dalam metode ini biomassa pohon diperoleh dari hasil konversi volume pohon ke dalam beratnya dengan menggunakan nilai kerapatan kayu dan mengalikannya dengan nilai BEF.
2. Penerapan persamaan allometrik yang memungkinkan biomassa pohon diduga secara langsung dari dimensi pohon yang mudah diukur, seperti diameter batang dan tinggi pohon.

E. Daerah Aliran Sungai

Pengelolaan DAS adalah suatu proses formulasi dan implementasi kegiatan atau program yang bersifat manipulasi sumber daya alam dan manusia yang terdapat di DAS untuk memperoleh manfaat produksi dan jasa tanpa menyebabkan terjadinya kerusakan sumber daya alam khususnya air dan tanah. Termasuk dalam pengelolaan DAS adalah identifikasi keterkaitan antara tata guna lahan, tanah dan air, dan keterkaitan antara daerah hulu dan hilir suatu DAS.

Pengelolaan DAS perlu mempertimbangkan aspek-aspek sosial, ekonomi, budaya dan kelembagaan yang beroperasi didalam dan diluar DAS yang bersangkutan (Asdak, 2007 : 5)

Menurut Paimin dkk (2010), karakteristik DAS terbangun sebagai hasil menyeluruh dari interaksi atau hubungan timbal balik antar unsur-unsur sumberdaya alam sendiri dan antara unsur alam dengan manusia. Oleh karena itu setiap DAS di Indonesia memiliki sifat atau karakteristik sendiri-sendiri, baik sifat alami maupun sifat yang terbangun sebagai hasil intervensi manusia. Karakteristik DAS yang dimiliki merupakan tumpuan dasar pendekatan pengelolaan DAS, baik dalam perencanaan, pengorganisasian/ kelembagaan, implementasi maupun monitoring dan evaluasi.

Dalam perencanaan pengelolaan DAS, Sheng (1990) menyarankan melalui pendekatan yang berorientasi permasalahan yakni melalui identifikasi tujuan dan permasalahan utama serta rencana dan rekomendasi yang harus dipusatkan pada pemecahan atau penguraian masalah; tanpa mengabaikan seluruh potensi DAS. Pendekatan ini menunjukkan bahwa karakteristik DAS dapat digunakan sebagai dasar dalam melakukan perencanaan dan pengelolaan DAS karena karakteristik DAS memberikan informasi tentang sifat kerentanan yang merefleksikan permasalahan dan sifat yang menunjukkan potensi. Karakteristik DAS mencerminkan kondisi air, lahan, dan sosial ekonomi yang dapat diringkaskan dalam sifat DAS terhadap: (1) aliran air banjir dan daerah rawan banjir, (2) kekeringan, (3) kekritisian lahan, (4) tanah longsor, dan (5) sosial ekonomi dan kelembagaan (Paimin dkk, 2010).

Menurut Departemen Kehutanan (2000), dalam pembuatan rencana pengelolaan DAS diperlukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Identifikasi karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS) yang antara lain mencakup batas dan luas, topografi, geografis, tanah, iklim, kondisi hidrologi, penggunaan lahan, kerapatan drainase, sosial dan ekonomi.
2. Identifikasi permasalahan yang meliputi aspek penggunaan lahan, tingkat kekritisan lahan, , aspek hidrologi, sosial ekonomi dan kelembagaan.
3. Perumusan tujuan dan sasaran secara jelas dan teratur.
4. Identifikasi kendala-kendala yang dihadapi dalam pelaksanaan pengelolaan DAS.
5. Identifikasi dan evaluasi alternatif kegiatan pengelolaan yang akan diimplementasikan sehingga dapat dihasilkan bentuk kegiatan yang paling tepat (secara teknis dapat dilaksanakan secara sosial politik dapat diterima dan secara ekonomi terjangkau).
6. Penyusunan rencana kegiatan/program pengolahan DAS.
7. Legitimasi dan sosialisasi rencana yang telah tersusun.

F. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra

Penginderaan jauh merupakan suatu teknik untuk mengumpulkan informasi mengenai objek dan lingkungannya dari jarak jauh tanpa sentuhan fisik. Tujuan utama penginderaan jauh adalah untuk mengumpulkan data sumberdaya alam dan lingkungan. Biasanya teknik ini menghasilkan beberapa bentuk citra yang selanjutnya diproses dan diinterpretasi guna membuahkann data yang bermanfaat untuk aplikasi dibidang pertanian, arkiologi, kehutanan, geografis,

geologi perencanaan dan bidang-bidang lainnya. Saat ini system satelit sebagai salahsatu system pengindraan jauh menjadi perhatian utama dikarenakan kemampuannya dalam mengatasi kendala dalam keterbatasan dan lamanya operasi dari system pengindraan jauh. Penggunaan pesawat luar angkasa yang mengorbit secara teratur mengelilingi bumi dari ketinggian beberapa ratus kilometer menghasilkan pengamatan bumi yang teratur dengan alat-alat pengindraan jauh yang sesuai (Lo, 1995).

Wijaya (2005) menyatakan bahwa penginderaan jauh meliputi dua proses utama yaitu pengumpulan data dan analisis data. Elemen proses pengumpulan data meliputi: a) sumber energi, b) perjalanan energi melalui atmosfer, c) interaksi antara energi dengan kemampuan dimuka bumi, d) sensor wahana pesawat terbang dan/atau satelit, e) hasil pembentukan data bentuk piktoral dan/atau numerik. Singkatnya, kita menggunakan sensor untuk merekam berbagai variasi pancaran dan pantulan elektromagnetik oleh kenampakan dimuka bumi. Proses analisis data meliputi pengujian data dengan menggunakan alat interpretasi dan alat pengamatan untuk menganalisis data piktoral, dan computer untuk menganalisis data sensor numeric dengan dibantu oleh data rujukan tentang sumberdaya yang dipelajari.

G. Land Use Planning for Low Emission Development Strategy berbasis Sistem Informasi Geografis

L UWES adalah singkatan dari “*Land Use Planning for Low Emission Development Strategy*” atau perencanaan penggunaan lahan untuk strategi pembangunan rendah emisi. LUWES merupakan suatu perangkat yang dibangun

dari suatu kerangka kerja yang dapat membantu para pemangku kebijakan di tingkat lokal dalam merancang perencanaan pembangunan yang mampu menurunkan emisi dari sektor lahan dengan tetap mempertahankan pertumbuhan ekonomi (Dewi, dkk. 2011).

Menurut ICRAF (2012), untuk menuju pada pembangunan rendah emisi ini diperlukan suatu perencanaan yang mengintegrasikan berbagai sektor, terutama sektor penggunaan lahan dengan melibatkan aspek sosial, ekonomi dan ekologi. Sehingga World Agroforestry Centre (ICRF), mengemas tahapan-tahapan perencanaan pembangunan rendah emisi ini dalam suatu perangkat yang disebut LUWES (Land Use Planning for Low Emission Development Strategy).

Perangkat LUWES ini dikembangkan dengan tujuan untuk membantu parapihak dalam merencanakan penggunaan lahan, konsekuensi penggunaan lahan tersebut terhadap emisi dan manfaat ekonomi di wilayahnya, baik secara local (kabupaten, provinsi) dan nasional. Melalui perangkat LUWES ini para pihak dapat membangun scenario penggunaan lahan di wilayahnya yang berorientasi pada pembangunan rendah emisi, namun juga memberikan manfaat ekonomi.

LUWES menawarkan seperangkat pedoman, langkah dan alat (termasuk perangkat lunak REDD ABACUS SP) untuk membantu para-pihak dalam bernegosiasi untuk merencanakan penggunaan lahan dengan menampilkan berbagai skenario yang dibangun secara bersama-sama. Ke-enam tahap tersebut adalah:

1. Tahap 1; membangun unit perencanaan (integrasi perencanaan pembangunan dengan perencanaan keruangan)
2. Tahap 2; mengenali pola perubahan penggunaan lahan dan menghitung emisi berbagai aktifitas berbasis lahan di masa lalu dan mengestimasi emisi historis
3. Tahap 3; membangun skenario *baseline* penggunaan lahan dan perubahan penggunaan lahan, dan mengestimasi tingkat referensi emisi (REL) skenario
4. Tahap 4; membangun skenario perubahan penggunaan lahan rendah emisi
5. Tahap 5; melakukan *trade-off analysis*
6. Tahap 6; menterjemahkan strategi ke aksi perencanaan.

H. Evaluasi Kemampuan Lahan untuk Arahan Penggunaan Lahan

Evaluasi kemampuan lahan merupakan salah satu upaya untuk memanfaatkan lahan (sumberdaya lahan) sesuai dengan potensinya. Penilaian potensi lahan sangatlah diperlukan terutama dalam rangka penyusunan kebijakan pemanfaatan lahan dan pengelolaan lahan secara berkesinambungan. Untuk menyusun kebijakan tersebut sangatlah diperlukan peta-peta yang salah satunya adalah peta kemampuan lahan. Analisis dan evaluasi kemampuan lahan dapat mendukung proses dalam penyusunan rencana penggunaan lahan disuatu wilayah yang disusun dengan cepat dan tepat sebagai dasar pijakan dalam mengatasi benturan pemanfaatan penggunaan lahan/sumberdaya alam (Suratman dkk, 1993).

Menurut Siswanto (2006), kemampuan penggunaan lahan adalah suatu sistematika dari berbagai penggunaan lahan berdasarkan sifat-sifat yang menentukan potensi lahan untuk berproduksi secara lestari. Lahan diklasifikasikan atas dasar penghambat fisik. Sistem klasifikasi ini membagi lahan menurut faktor-faktor penghambat serta potensi bahaya lain yang dapat mengganggu pertumbuhan tanaman. Jadi, hasil klasifikasi ini dapat digunakan untuk menentukan arahan penggunaan lahan secara umum (misalnya untuk budidaya tanaman semusim, perkebunan, hutan produksi dsb).

Tingkat terluas dari Kemampuan Penggunaan Lahan (KPL) adalah “Kelas” yaitu ada 8 kelas (I - VIII) yang disusun dalam urutan sesuai dengan peningkatan faktor pembatas atau ancaman (bahaya) bila digunakan untuk pertanian.

Kelas I – IV : ditetapkan untuk budidaya pertanian tanpa teras. Kelas tsb sesuai untuk tanaman pertanian pada teras, yang mempunyai pembatas fisik yang meningkat untuk tanaman tanpa teras. Kelas ini sesuai untuk padang rumput, agroforestry, atau hutan.

Kelas V : sesuai untuk budidaya pertanian dengan teras agroforestry, padang rumput atau hutan.

Kelas VI : hanya sesuai untuk budidaya tan. Pertanian dimana kedalaman tanah dan lereng memungkinkan tanaman pertanian/agroforestry pola kayu/tanaman semusim pada teras bangku. Sesuai untuk silvopasture (agroforestry rumput) pada Rumput, dan hutan.

Kelas VII : tidak sesuai untuk tanaman pertanian atau agroforestry pola kayu/tan. Semusim dan sesuai untuk agroforestry pola kayu/rumput, pada rumput, dan hutan.

Kelas VII : mempunyai faktor pembatas berat, sehingga tidak sesuai untuk segala bentuk tanaman Pertanian, pada rumput dan hutan. Sesuai untuk perlindungan DAS.

I. Skenario

Menuru Anonim (2010) dalam buku IEO (Indonesia Energy Outlook), dikembangkan tiga skenario perkiraan perkembangan energi, yaitu skenario dasar dan dua skenario alternatif. Skenario dasar adalah skenario dimana perkembangan energi di masa mendatang merupakan kelanjutan dari perkembangan historis. Skenario ini disebut sebagai skenario dasar atau *business as usual* (BAU). Skenario Alternatif 1 (*Skenario Energy Security*) adalah skenario perkembangan energi dengan intervensi konservasi energi dan pengembangan energi terbarukan terkait dengan upaya penjaminan ketahanan energi (*energy security*). Skenario Alternatif 2 (Mitigasi Perubahan Iklim) adalah skenario dimana perkembangan energi dipengaruhi oleh dinamika lingkungan internal dan eksternal yang strategis, yaitu dengan makin kuatnya dorongan melakukan mitigasi perubahan iklim terkait adanya emisi GRK dari sektor energi. Implementasi dari skenario ini adalah upaya-paya konservasi energi dan pengembangan energi terbarukan secara lebih agresif dibandingkan dengan Skenario Security.

Menurut Thamrin (2011), untuk menurunkan emisi GRK dari bidang berbasis lahan, maka skenario terbaik adalah melalui upaya-upaya yang seimbang antara aksi mitigasi dan pembangunan ekonomi serta terciptanya kondisi yang memungkinkan pelaksanaan (*enabling conditions*).

Pemerintah daerah dapat berperan serta dalam pengurangan emisi GRK dalam konteks pembangunan berkelanjutan di daerah mereka. Ini dapat dicapai melalui perencanaan strategis, pembuatan konsensus dan peran koordinasi. Pemerintah daerah dapat mendorong keterlibatan publik dan swasta untuk meningkatkan kesadaran dan kepedulian terhadap dampak perubahan iklim. Untuk dapat mengurangi emisi pada tingkat lokal, penting bagi pemerintah lokal untuk memiliki Rencana Aksi Daerah-Gas Rumah Kaca atau disingkat RAD-GRK. Setiap provinsi yang membuat RAD-GRK dapat merumuskan kegiatan pengurangan emisi GRK sampai dengan tahun 2020 (Panduan RAD-GRK, 2011).